

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ІВАНА ПУЛЮЯ

**БАСОВА ЮЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 621.321

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА  
ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ  
ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ**

Спеціальність 05.09.07 – світлотехніка та джерела світла

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук

Тернопіль – 2013

## Дисертацією є рукопис

*Робота виконана на кафедрі товарознавства непродовольчих товарів Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»*

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Кожушко Григорій Мефодійович**, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», завідувач кафедри товарознавства непродовольчих товарів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Овчинников Станіслав Степанович**, Харківський національний університет міського господарства, професор кафедри світлотехніки та джерел світла;

кандидат технічних наук **Степура Володимир Ілліч**, науково-виробнича лабораторія КП «Київміськсвітло», м. Київ, начальник.

**Захист відбудеться** "25" грудня 2013 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.052.04 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України за адресою: 46001, Україна м. Тернопіль, вул. Руська, 56, корпус № 2, ауд. 79.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України за адресою: 46001, Україна, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

**Автореферат розісланий** "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2013 р.

*Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради*



В. П. Коваль

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Освітлення – це велике і швидкозростаюче джерело попиту на електроенергію (ЕЕ). Проблема енергоекономічності в освітлювальних установках (ОУ) сьогодні дуже актуальна. У програмі Європейського Союзу (ЄС) проти зміни клімату підкреслена важливість економії ЕЕ на освітлення, особливо освітлення в житловому секторі, де ефективність ОУ найнижча. Житло споживає більше 30 % ЕЕ, яка використовується для освітлення (близько 5 % усієї ЕЕ).

Одним із ефективних способів зниження споживання електроенергії на освітлення вважається заміна ламп розжарювання (ЛР) на компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ). Розвиток фізики і техніки напівпровідникових джерел світла (ДС) за останнє десятиріччя вагомо просунувся вперед. На сьогодні створено науково-технічне підґрунтя для конкуренції світловипромінювальних діодів із традиційними ДС – лампами розжарювання, розрядними лампами низького тиску та розрядними лампами високого тиску, які є основою сучасної технології електричного освітлення. Головні аргументи на користь світлодіодних (СВД) ламп – висока світлова віддача та довговічність. Використання цих ДС для освітлення в значній мірі сприяє розв'язанню і такої важливої проблеми, як утворення і накопичення токсичних відходів світлотехнічного виробництва, які вміщують ртуть.

Незважаючи на очевидні переваги щодо енергоспоживання, частка використання КЛЛ і СВД-ламп для освітлення житлових приміщень зростає досить повільно. Це пов'язано як із особливостями освітлення житла, так і з рядом проблем, які наразі існують щодо використання КЛЛ і СВД-ламп. Особливістю освітлення житла є те, що необхідно створювати в одному і тому ж приміщенні умови, які мають забезпечувати як виконання різних за характером зорових робіт, так і відпочинок. До інших проблем, які стоять на заваді більш широкого використання КЛЛ і СВД-ламп у житловому освітленні, відносяться: високі ціни на КЛЛ і СВД-лампи; низька якість ламп окремих виробників і невиконання ними гарантійних зобов'язань щодо заміни ламп (у випадках передчасного виходу їх із ладу); невідповідність деяких параметрів КЛЛ і СВД-ламп очікуванням споживачів (дизайн, розміри, колірність, яскравість та ін.); занепокоєність відносно екологічної безпеки житлових приміщень у разі випадкового пошкодження колби КЛЛ (КЛЛ містить близько 5 мг ртуті) та ін. **Актуальність** дисертації зумовлена проблемою економії ЕЕ, а також недостатністю вивчення питань, пов'язаних із використанням нових енергоекономічних ДС для освітлення житлових приміщень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно з Програмою науково-дослідної роботи Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за темою «Комплексні дослідження споживних властивостей нових енергоекономічних джерел світла та розробка рекомендацій щодо економічно доцільних сфер їх використання та режимів експлуатації» (№ ДР 0112U007432); пов'язана з Державною цільовою науково-технічною програмою «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та

освітлювальних систем на їх основі» за темами «Розробка проектів Державних стандартів на світлодіодні лампи» (№ ДР 0110U006676) та «Розробка проектів національних стандартів (ДСТУ) на світлодіодні модулі, світильники та методики вимірювань параметрів світловипромінювальних діодів» (№ ДР 0112U007431) та Планом національної стандартизації України на 2007, 2008, 2009 рр. за темами «Гармонізація національних стандартів з європейськими» (№ ДР 0107U004879, 0107U009222, 0108U009284, 0109U006619).

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертації є розроблення вимог до характеристик енергоекономічних ламп побутового призначення (КЛЛ і СВД-ламп), методик оцінки їх відповідності та рекомендацій щодо ефективного їх використання у житлово-комунальному господарстві на основі результатів дослідження впливу різних факторів на параметри цих ДС.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

- провести аналіз вимог до джерел світла побутового призначення з урахуванням сучасних підходів до функцій, які виконує освітлення, – зорової, емоційної та біологічної;
- провести аналіз технічного рівня сучасних енергоекономічних джерел світла та бар'єрів, які існують для широкого використання КЛЛ і СВД-ламп у житловому освітленні;
- дослідити впливи різних факторів на світлову віддачу, колірність і тривалість горіння досліджуваних ДС;
- розробити методики прискореної оцінки тривалості горіння та стабільності світлового потоку енергоекономічних ламп побутового призначення;
- провести дослідження відповідності параметрів КЛЛ і СВД-ламп вимогам чинних нормативних документів та задекларованим виробником даним;
- розробити математичну модель і оцінити ефективність КЛЛ залежно від конструкції розрядного каналу (кількості каналів, їх діаметру та відстані між ними);
- провести порівняльні дослідження вартості світлової енергії, яка генерується КЛЛ і СВД-ламп.

*Об'єктом дослідження* є процеси, які впливають на світлові, електричні, колірні характеристики, надійність та довговічність джерел світла.

*Предметом дослідження* є енергоекономічні лампи для прямої заміни ламп розжарювання, зокрема компактні люмінесцентні та світлодіодні лампи.

**Методи дослідження.** Методичною базою досліджень є використання диференціального та інтегрального числення, теорії імовірності, математичного та фізичного моделювання. Експериментальні дослідження було виконано за допомогою стандартних методик вимірювання електричних, світлових, спектральних характеристик і оригінальних методик, зокрема оцінки тривалості горіння КЛЛ за результатами відмов перших ламп і при частих вмиканнях ламп, прогнозування стабільності світлового потоку КЛЛ і СВД-ламп, моделювання зниження світлової віддачі за рахунок багаторазових відбивань між каналами КЛЛ. Планування експериментальних робіт і оброблення

отриманих результатів проведено за допомогою методів математичної статистики.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в обґрунтуванні та розв'язанні важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності використання ЕЕ для освітлення в житлово-комунальному господарстві за рахунок розширення використання енергоекономічних ламп (КЛЛ і СВД-ламп) на основі встановлення нових вимог до характеристик ламп, розроблення стандартів і методик контролю параметрів енергоекономічних ламп, розроблення заходів, направлених на підвищення енергоекономічності та безпечності, обмеження доступу на ринок ламп низької якості:

- вперше отримані кількісні залежності світлових і колірних параметрів і надійності КЛЛ від умов функціонування у процесі строку служби, на основі яких, зокрема, встановлено, що світлові віддачі КЛЛ різних конструкцій залежать від потужності та мають максимуми, зниження світлового потоку в процесі строку служби має експоненціальну залежність, а колірна температура знижується на 30–120 К за 1000 год, середня кількість вмикань, які витримують КЛЛ з попереднім підігріванням катодів становить понад 30 тис., а без попереднього підігрівання – до 10 тис.;

- уперше отримані експериментальні залежності світлових і колірних характеристик СВД-ламп від умов функціонування у процесі строку служби, на основі яких встановлено, що для ламп потужністю 3–15 Вт для прямої заміни ЛР зміна напруги живлення в межах 180–250 В призводить до незначних змін потужності і світлового потоку (не більше 3 %), зниження світлового потоку в процесі строку служби має експоненціальну залежність і не перевищує 2 % за 1000 год, а колірна температура зростає на 10–150 К за 1000 год;

- уперше розроблена математична модель оцінювання зниження світлової віддачі КЛЛ за рахунок багаторазових відбивань світла між паралельно розміщеними каналами, яка показує, що зі збільшенням кількості каналів лампи та зменшенням відстані між ними, втрати світлової віддачі можуть становити до 10 %, порівняно з лінійними лампами;

- набула подальшого розвитку математична модель прогнозування середньої тривалості горіння КЛЛ, розроблена за допомогою статистичних методів ранньої оцінки параметрів розподілу тривалості горіння ламп до відмови, завдяки якій можливо отримати прогноз тривалості горіння за результатами випробувань до відмов перших 20–25 % ламп;

- набула подальшого розвитку математична модель прогнозувань спаду світлового потоку КЛЛ і СВД-ламп методом екстраполяції емпіричної функції, отриманої за результатами вимірювання світлового потоку на початкових етапах горіння, завдяки якій можна спрогнозувати спад світлового потоку за результатами випробування ламп до 25–30 % номінальної тривалості горіння.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- розроблена методика вимірювання часу попереднього підігрівання катодів КЛЛ (технічне рішення, захищене патентом України на корисну модель № 7513);

- сформульовані вимоги до енергоекономічних ДС побутового призначення для прямої заміни ЛР з урахуванням біологічної активності світла,

енергоекономічності та стабільності світлових і колірних характеристик, надійності, екологічності та інформацію, яку мають надавати виробники ламп про свою продукцію;

- вдосконалена методика оцінювання середньої тривалості горіння КЛЛ на основі випробувань у режимі частих вмикань;

- удосконалена методика розрахунку вартості світлової енергії, яка генерується енергоекономічними джерелами світла та проведена оцінка вартості одиниці світлової енергії при різних характеристиках ламп і умовах функціонування;

- розроблено пропозиції щодо зменшення утворення відходів КЛЛ і заходи щодо збирання цих ламп від населення, їх утилізації та заходів технічного регулювання, спрямованих на підвищення якості та безпечності КЛЛ і СВД-ламп;

- розроблено 10 проектів національних стандартів на світлотехнічні вироби, методики вимірювання їх параметрів надійності та безпеки.

Результати досліджень використані в розроблених стандартах технічних умов України на КЛЛ та СВД-лампи і впровадженні на ТОВ «Газотрон-Лайт», ОСП «Корпорація «Ватра», Інституті фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова, ТОВ «Український науково-дослідний інститут джерел світла» та у навчальний процес факультету товарознавства, торгівлі та маркетингу ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі».

**Особистий внесок здобувача.** Наукові результати, викладені в дисертаційній роботі та винесені на захист, автор отримав особисто. У працях [1, 3, 15, 17, 18, 25, 36] проведений аналіз проблеми впровадження енергоекономічних ламп у побутовий сектор і визначені подальші напрями досліджень; систематизація сучасних вимог до джерел світла для внутрішнього освітлення [7, 14]; проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих даних і формулювання висновків – у [2, 8, 9, 19, 23, 24, 26–29, 32–35, 37]; розробка методик [12, 13, 22, 38, 39]; розрахунки вартості світлової енергії, яка генерується КЛЛ і СВД-лампами [4, 10]; пропозиції щодо розроблення заходів із підвищення якості та безпечності ДС [5, 6, 30].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи висвітлено та обговорено на 15 наукових і науково-практичних конференціях, у тому числі на 10 міжнародних, а саме: III Міжнародній науково-практичній конференції «Світлотехніка й електроніка: історія, проблеми й перспективи» (м. Тернопіль, 20–22 травня 2008 р.); II світлотехнічна конференція «Українська світлотехнічна галузь – сучасний стан та перспективи» (м. Київ, 17 квітня 2008 р.); III Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми світлотехніки» (м. Харків, 22–23 квітня 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова професіоналізація, дослідження, інновації” (м. Київ, 15–16 травня 2009 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми якості вітчизняних товарів» (м. Луцьк, 24–25 листопада 2009 р.); 6 та 11 всеукраїнських науково-практичних конференціях «Інноваційний потенціал української науки - XXI сторіччя» (м. Запоріжжя,

1–15 квітня 2010 р. та 24 квітня – 4 травня 2011 р.); II міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств» (м. Дніпропетровськ, 30 березня 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова професіоналізація, дослідження, інновації» (м. Київ, 6–7 квітня 2011 р.); IV міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми й перспективи» (м. Тернопіль, 24–26 квітня 2012 р.); I міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика и энергоэффективные технологии» (м. Белгород, (Росія), травень 2012 р.); XX міжнародному симпозиумі «Передовые дисплейные и световые технологии» (Крим, 8–12 жовтня 2012 р.); Международній науково-практичній конференції «Качество товаров: теория и практика» (м. Витебск, 15–16 листопада 2012 р.); II міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні проблеми сучасного товарознавства» (м. Донецьк, 12–13 квітня 2013 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Якість та безпека товарів і екологія навколишнього середовища» (м. Луцьк, 17 травня 2013 р.).

**Публікації.** Основний зміст і результати дисертаційної роботи опубліковані у 39 працях, у тому числі 14 статтях у фахових наукових виданнях України (1 з яких входить до видань України, яке включено до міжнародної наукометричної бази), 14 збірниках матеріалів і тез конференцій, семінарів і симпозиумів, 1 патенті на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (217 найменувань) і додатків. Дисертацію викладено на 149 сторінках, проілюстровано 26 таблицями та 33 рисунками.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету й завдання дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** розглянуто питання про вплив світла на здоров'я та самопочуття людини, сучасні вимоги до ДС для внутрішнього освітлення, охарактеризовані енергоекономічні джерела світла для прямої заміни ЛР .

Світло як невід'ємний елемент життєвого середовища людей забезпечує не тільки зорову функцію, але і впливає на здоров'я. З огляду на отримані нові результати впливу світла на організм людини, при розробці нових стандартів на ДС та оцінці їх якості потрібно обов'язково враховувати не тільки параметри, які впливають на зорові функції, комфортність, економічність, але і на параметри, які впливають на здоров'я та самопочуття людини.

У ході аналізу нормативних документів було систематизовано інформацію стосовно вимог до енергоекономічних ламп, які використовуються для побутового та аналогічного освітлення.

Проаналізовано сучасний рівень техніки енергоекономічних джерел світла для прямої заміни ЛР.

На основі проведеного аналізу сформульовано та обґрунтовано перспективні напрями досліджень, які розглянуто у дисертаційній роботі.

У **другому розділі** описані методики вимірювання електричних, світлових, спектральних характеристик, параметрів безпеки й оригінальні методики, зокрема оцінку прогнозування тривалості горіння КЛЛ за результатами відмов перших кількох ламп і при частих вмиканнях ламп, прогнозування стабільності світлового потоку КЛЛ і СВД-ламп методом екстраполяції залежності спаду світлового потоку ламп на ранніх стадіях випробування в процесі горіння, моделювання втрат світлового потоку за рахунок багаторазових відбивань.

Методи ранньої оцінки ресурсних параметрів можуть бути застосовані для оцінювання середньої тривалості горіння ламп, якщо відомий вид розподілу напрацювання ламп до відмови. На основі аналізу експериментальних даних зроблено припущення про нормальний розподіл. Середня тривалість горіння ( $T$ ) та середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ) розраховані за допомогою формул

$$T = \frac{\sum t_i \sum u_{Q_i}^2 - \sum u_{Q_i} \sum t_i u_{Q_i}}{m \sum u_{Q_i}^2 - (\sum u_{Q_i})^2}, \quad (1) \quad \sigma = \frac{\sum t_i - T \cdot m}{\sum u_{Q_i}}, \quad (2)$$

де  $u_{Q_i}$  – квантиль нормального розподілу;

$t_i$  – час від початку випробувань, за який імовірність відмови становить  $Q_i$ , а число відмов –  $d_i$ ;

$m$  – кількість випробуваних ламп.

Для прискореної оцінки ресурсних характеристик КЛЛ також було розглянуто модель функціонування ламп у режимах частих вмикань, оскільки тривалість їх горіння визначається, головним чином, швидкістю витрачання емісійного матеріалу катодів, яке є найбільш інтенсивним під час вмикання. Враховуючи те, що режими вмикання КЛЛ суттєво впливають на розпилення та випаровування емісійного матеріалу, ми окремо випробовували лампи без попереднього підігрівання та з попереднім підігріванням катодів. Режим із попереднім підігріванням катодів значно «м'якший» для вмикання КЛЛ. При цьому немає різких змін температури емісійного покриття, що забезпечує більшу кількість вмикань (порівняно з «холодним») і, як результат, більшу тривалість горіння.

Ми припустили, що при безперервній роботі тривалість горіння лампи буде  $T$ . Тоді при горінні лампи з  $n$  кількістю циклів вмикань,  $T_n$  отримують із виразу (3). Для експериментального визначення  $k$  достатньо визначити середню тривалість горіння ламп при різній кількості вмикань, наприклад,  $n_1$  і  $n_2$ . Тоді отримали вираз (4).

$$T_n = T - kn, \quad (3) \quad k = \frac{T_{n_1} - T_{n_2}}{n_1 - n_2}, \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності, який має розмірність часу, тобто це еквівалентна тривалість горіння, яка дорівнює одному запалюванню лампи;

$n_1$  і  $n_2$  – кількість циклів вмикань.



Числове значення  $k$ , визначене за результатами порівняльних досліджень КЛЛ із попереднім підігріванням катодів у режимах вимикання ламп 8 разів на добу та частих вимиканнях (15–50 разів на год), становить 0,56 год. У лампах без попереднього підігрівання  $k$  коливається в межах 0,8–1,5 год (для різних конструкцій досліджуваних ламп).

З метою дослідження стабільності світлового потоку в процесі тривалості горіння ламп розроблена математична модель за допомогою методу екстраполяції емпіричної функції спаду світлового потоку на ранніх стадіях випробування. Розглянуто однофакторну модель залежності світлового потоку від часу. Обробку експериментальних даних з виявлення закону спаду світлового потоку КЛЛ на початку проведено за результатами завершених досліджень.

Формула для визначення спаду світлового потоку  $\Phi(t)$  має загальний вигляд:

$$\Phi(t) = B \exp(-\alpha t), \quad (5)$$

де  $B$  – прогнозована початкова постійна;

$\alpha$  – постійна швидкість спаду світлового потоку визначена, за методом найменших квадратів.

Оцінку тривалості горіння СВД-ламп проводили за рекомендованим Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК) методом – за спадом світлового потоку. При цьому тривалість горіння визначається як період часу, протягом якого джерело світла забезпечує задану величину світлового потоку. Прогнозування спаду світлового потоку проведено шляхом екстраполяції емпіричної кривої за результатами вимірювання спаду світлового потоку до 6 тис. год. Подальша екстраполяція цієї підібраної функції до моменту часу, де світловий потік зменшується до мінімального прийняттого рівня (наприклад, 70 % початкового світлового потоку) дозволяє оцінити величину корисного строку служби. Після розрахунку постійних  $B$  та  $\alpha$  виразу (5), шукане значення часу (строку служби  $L_p$ ), при якому досягається заданий рівень світлового потоку, розраховується за формулою

$$L_p = \frac{\ln\left(100 \cdot \frac{B}{p}\right)}{\alpha}, \quad (6)$$

де  $p$  – деякий заданий рівень від початкового світлового потоку, %.

Одним із завдань дисертації є дослідження впливу конструкції КЛЛ і просторового розміщення каналів на світлову віддачу лампи. Відомо, що КЛЛ мають меншу світлову віддачу, ніж лінійні ЛЛ. Для оцінювання втрат світлового потоку за рахунок багаторазових відбивань між каналами розроблено модель, яка дозволяє оцінити ці втрати з урахуванням кількості каналів, відстані між ними, діаметра трубки. Відносну світлову віддачу лампи з паралельним рядом каналів можна знайти за формулою

$$\eta_n = 1 - \frac{n-1}{n}(1-\rho)(1-f)\chi, \quad (7)$$

де  $n-1$  – кількість проміжків між каналами;

$n$  – кількість каналів;

$\rho$  – коефіцієнт відбивання поверхні розрядної трубки ( $\rho \approx 0,7$ );

$\chi$  – коефіцієнт багаторазових відбивань ( $\chi = 1/1 - \rho(1 - f)$ );

$f$  – коефіцієнт використання світлового потоку каналів КЛЛ, який залежить від діаметра трубки та відстані між каналами.

Світлова віддача лампи зменшується зі збільшенням кількості каналів і зменшенням відстані між ними. Розглянуто також варіанти та наведено аналітичні вирази для розрахунку відносної світлової віддачі та просторового розміщення каналів КЛЛ.

У третьому розділі викладені результати комплексного дослідження КЛЛ і СВД-ламп побутового призначення для прямої заміни ЛР. Середні значення результатів вимірювання світлових і електричних параметрів КЛЛ різних торговельних марок наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Середні значення характеристик КЛЛ для прямої заміни ЛР

Торговельна марка	Світловий потік, лм		Фактична потужність, Вт	Світлова віддача, лм/Вт (виміряна)	Колірна температура, К		Загальний індекс кольоропередачі, Ra		Клас енергетичної ефективності		Коефіцієнт потужності
	задекларований	виміряний			задекларована	виміряна	задекларований	виміряний	задекларований	виміряний	
Maxus (Китай)	1400	1137	19,5	58,3	2700	2920	–	79	A	A	0,64
EuroLamp (Китай)	1200	890	15,7	56,7	2700	2680	–	71	A	A	0,59
Uniel (Китай)	1250	1059	18,9	56,0	2700	2810	80	82	A	B	0,62
Expert (Китай)	1080	1254	19,2	65,3	4000	4250	–	85	A	A	0,60
Економка (Китай)	1150	946	18,5	51,1	4200	4320	82	78	A	B	0,61
Двадцятка (Китай)	1100	901	15,1	59,7	4100	4238	–	84	A	A	0,58
Космос (Китай)	1200	1054	17,1	62,0	2700	2950	–	80	A	A	0,59
Electrum (Китай)	1000	965	16,4	60,3	2700	2750	–	81	A	A	0,57
Люммакс (Україна)	1200	1183	18,0	65,7	2700	2830	80	70	A	A	0,68
Delux (Китай)	1240	1200	19,0	63,2	2700	2750	80	81	A	A	0,67
Visson (Китай)	1100	1083	17,3	63,7	2700	2810	–	71	A	A	0,60

Наведені результати свідчать про те, що більша частина досліджених партій ламп має середнє значення світлового потоку, який нижчий, ніж задекларовано на упаковці. Встановлено також, що практично всі партії ламп не відповідають вимогам ДСТУ ІЕС 60969 за мінімальним значенням світлового потоку кожної лампи; занижені не тільки світлові потоки, але й значення світлової віддачі, тобто їх клас енергоефективності. Значним

недоліком КЛЛ, що надходять на ринок України, є низький коефіцієнт потужності, який коливається в межах 0,50–0,67. Середні значення колірної температури  $T_{кол}$  та індексу кольоропередачі  $R_a$  здебільшого відповідають зазначеним на маркуванні даним і вимогам нормативних документів. Світловий потік КЛЛ після запалювання (час якого може досягати 2 с) не перевищує 80 % його номінального значення. У процесі стабілізації КЛЛ виходять на номінальний режим протягом 5–15 хв, при цьому  $T_{кол}$  і  $R_a$  змінюються не суттєво.

Для порівняння з КЛЛ було досліджено параметри СВД-ламп для прямої заміни ЛР, результати яких подано у табл. 2:

Таблиця 2

Середні значення характеристик СВД-ламп для прямої заміни ЛР

Позначення лампи, країна- виробник	Світловий потік, лм		Фактична потужність, Вт	Світлова віддача, лм/Вт (виміряна)	Колірна температура, К		Загальний індекс кольоро- передачі, $R_a$		Клас енергетичної ефективності		Коефі- цієнт поту- жності
	задекларо- ваний	вимірний			задекларо- вана	виміряна	задекларо- ваний	вимірний	Задекларо- ваний	вимірний	
1-LED-365 Maxus (Китай)	450	380	5,9	64,4	3000	3050	–	83	A	A	0,45
1-LED-325 Maxus (Китай)	810	680	10,7	63,6	2700	2750	–	81	A	A	0,92
AW 3221 (Україна)	220	170	4,8	35,4	2700	2470	80	69	A	B	0,50
СДЛ 6,5-220- ТБ-Е27-3П (Україна)	400	330	6,5	50,8	2700	2888	80	77	A	B	0,65
Дослідні зразки (Україна)	500	510	8,3	61,4	3000	2980	80	81	A	A	0,98

Аналіз результатів вимірювання параметрів СВД-ламп показав також невідповідність задекларованих даних фактичним результатам: світловий потік при номінальній напрузі живлення занижений на 15–30 %; світлова віддача – на 15–40 %;  $T_{кол}$  має розмах (у межах партій ламп) до 1000 К; коефіцієнти потужності більшості ламп коливається в межах 0,5–0,6; час стабілізації параметрів ламп знаходиться в межах від 0,5 до 1 год, при цьому спад світлового потоку становить 4–6 %; зростає  $T_{кол}$  на 100–400 К.

Проведено дослідження залежності параметрів КЛЛ від конструктивних особливостей і умов їх функціонування. Усереднені результати експериментальних досліджень залежності світлової віддачі КЛЛ від потужності та температури навколишнього середовища наведені на рис. 1 і 2.

КЛЛ малої потужності (5–7 Вт) мають суттєво нижчу світлову віддачу, ніж лампи потужністю 15–25 Вт, тому з погляду економічної ефективності доцільно використовувати більш потужні лампи. Дослідження залежності світлових характеристик від температури навколишнього середовища проводили за

допомогою фотометра з регульованою температурою. Точність підтримування температури становить  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

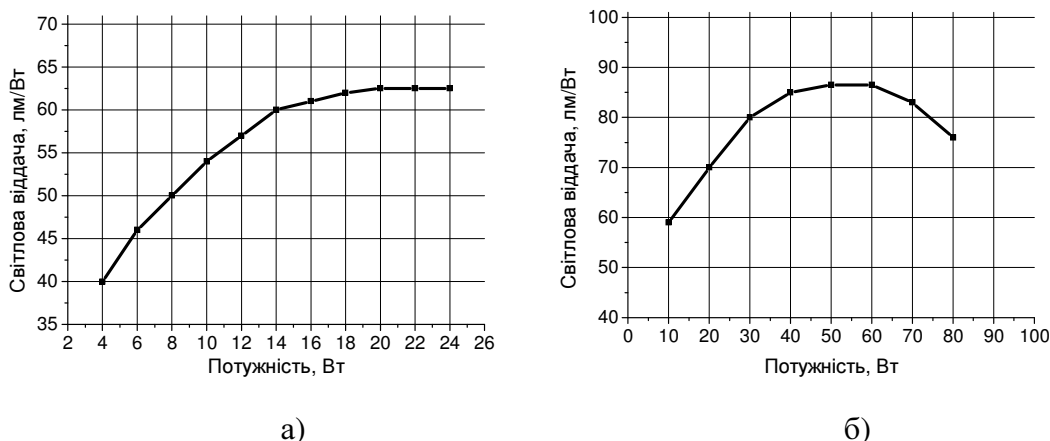


Рис. 1. Залежність світлової віддачі КЛЛ від потужності для  
а) 6-канальних КЛЛ з приєднаними електронним пристроєм живлення  
б) 2-канальних КЛЛ з неприєднаним електронним пристроєм живлення

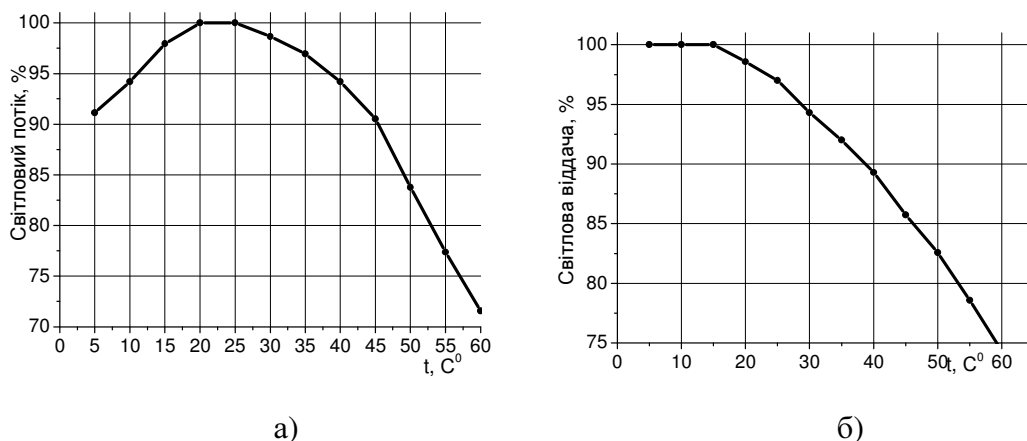


Рис. 2. Залежність а) світлового потоку та б) світлової віддачі КЛЛ від температури навколишнього середовища

Максимальний світловий потік КЛЛ для більшості досліджуваних партій знаходиться в межах температурного інтервалу  $20\text{--}25^\circ\text{C}$ , а світлова віддача починає знижуватись уже при температурі більше  $15^\circ\text{C}$ . Якщо лампа функціонує у світильниках, де температура навколишнього середовища перевищує  $40^\circ\text{C}$ , втрата світлової віддачі (внаслідок неоптимального теплового режиму) становить понад 15 %.

Критерієм енергоекономічності є світлова віддача лампи. Ефективність конструкції КЛЛ з погляду отримання максимальної світлової віддачі можна оцінити за результатами дослідження залежності світлової віддачі від напруги живлення. Змінюючи напругу живлення, ми змінюємо струм і споживану потужність лампи і, відповідно, тепловий режим. Залежно від струму і теплового режиму лампи змінюється світлова віддача.

На рис. 3 наведені залежності світлових і електричних параметрів різних конструкцій КЛЛ від напруги живлення. Більш ефективною є така конструкція, у якій світлова віддача при номінальній напрузі живлення має максимальне

значення (рис. 3, б). Це підтверджується і результатами вимірювань, наведених в табл. 1. Для кожної конструкції КЛЛ можна вибрати струм і потужність, при яких за номінальної напруги живлення світлова віддача буде максимальною, таким чином, із метою підвищення енергоекономічності можна оптимізувати електричні характеристики для конкретної конструкції розрядної трубки.

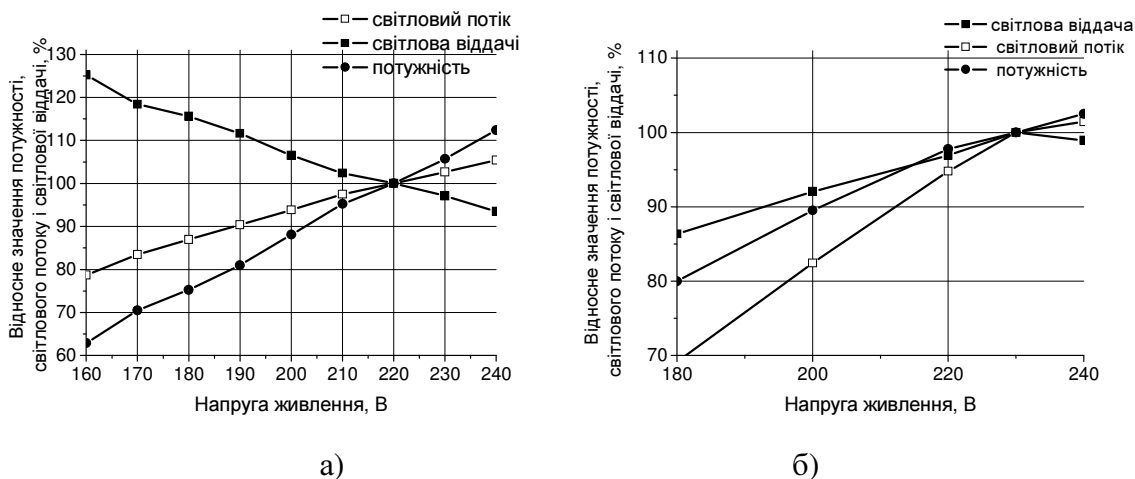


Рис. 3. Залежність потужності, світлового потоку та світлової віддачі від напруги живлення:

- а) КЛЛ торговельної марки «Maxus» потужністю 20 Вт,  $T_{кол} = 2700\text{ K}$   
 б) КЛЛ торговельної марки «Expert» потужністю 20 Вт,  $T_{кол} = 4000\text{ K}$

У більшості конструкцій при зміні напруги живлення в межах 180–240 В світловий потік КЛЛ змінюється пропорційно, приблизно на 1 % разом зі зміною напруги на 1 %. Що стосується  $T_{кол}$  і  $R_a$ , то зі зміною напруги живлення від 180 до 240 В  $T_{кол}$  змінюється в межах до 200 К для  $T_{кол} = 2700\text{ K}$  і до 400 К для  $T_{кол} = 4000\text{ K}$  (рис. 4), а  $R_a$  – на 3–4 одиниці. Це значно менше, ніж розкид параметрів у межах однієї партії і між партіями.

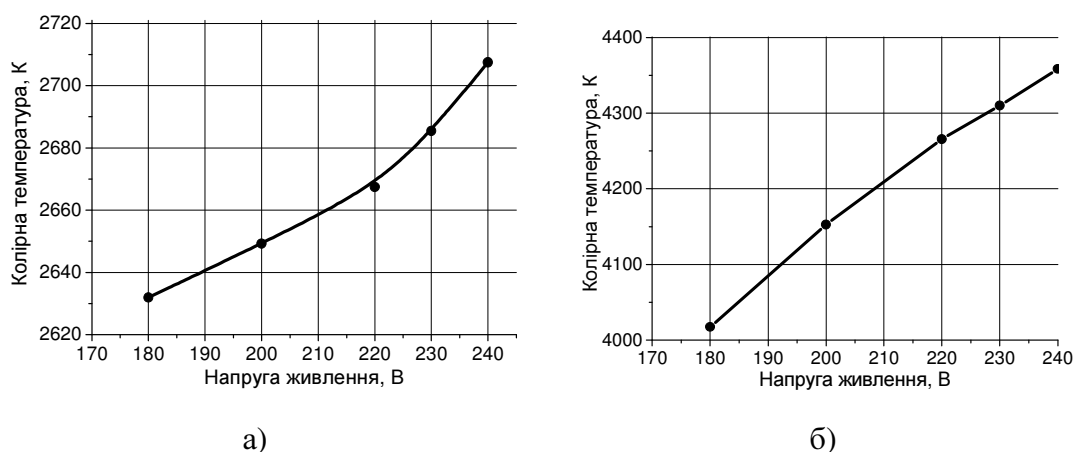


Рис. 4. Залежність  $T_{кол}$  від напруги живлення для досліджених КЛЛ з а)  $T_{кол} = 2700\text{ K}$ ; б)  $T_{кол} = 4000\text{ K}$ .

З метою експериментальної перевірки розробленої моделі оцінки світлової ефективності лампи з урахуванням кількості каналів і відстані між ними проведено вимірювання світлового потоку окремих люмінесцентних ламп потужністю 4 Вт (діаметр колби лампи 16 мм, довжина лампи 136 мм) і поєднаних по 2, 4, 6 та 8 шт. з просторовим розміщенням розрядної трубки аналогічно до багатоканальних КЛЛ. Результати вимірювання наведені на рис. 5. Із отриманих результатів видно, що зниження втрати світлової віддачі за рахунок багаторазових відбивань у КЛЛ можуть сягати понад 10 %.

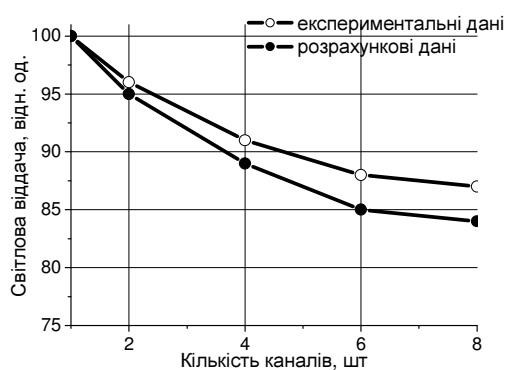


Рис. 5. Залежність світлової віддачі від кількості каналів в лампі ( $n$ ) (відстань між каналами  $l$  дорівнює діаметр каналу  $d$ )

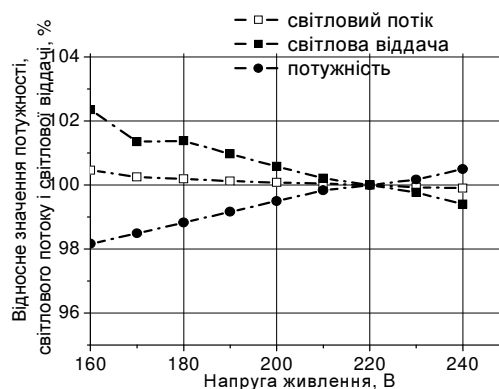


Рис. 6. Залежність потужності, світлового потоку та світлової віддачі від напруги живлення СВД-лампи торговельної марки «Maxus» потужністю 6 Вт,  $T_{кол} = 3000$  К

З метою порівняння ефективності КЛЛ із СВД-лампами було досліджено різні конструкції СВД-ламп при різних напругах живлення та теплових режимах. При зміні напруги живлення в діапазоні 180–240 В значення світлового потоку, потужності, світлової віддачі, колірної температури та індексу кольоропередачі практично не змінюються (рис. 6). У цих лампах пристрій живлення функціонує як стабілізатор потужності.

Дослідження залежності зміни  $T_{кол}$  від температури найбільш нагрітої зони радіатора СВД-лампи показало, що в разі підвищення температури на 65–70 °С  $T_{кол}$  може зростати майже на 1000 К.

Одним із завдань дослідження було визначення середньої тривалості горіння КЛЛ за результатами відмов на ранніх стадіях випробувань і оцінювання можливості використання цієї методики для тестування КЛЛ з приєднаними електронними пристроями живлення. Перевірку методики прискореної оцінки середньої тривалості горіння за результатами відмов на ранніх стадіях випробування (при кількох відмовах) проведено на лампах потужністю 20 Вт при номінальній напрузі живлення 220 В у режимі: 8 вимикань на добу на 10–15 хв, а кожен період горіння становить не менше, ніж 10 хв. Вибірка із партії становила 20 шт.

Розраховані за формулами (1) і (2) оціночні значення  $T$  та  $\sigma$  для різних стадій випробувань (після виходу із ладу 3-х, 5-ти та 10-ти ламп) наведені в табл. 3. Для оцінювання середньої тривалості горіння та

середньоквадратичного відхилення графічним методом побудований в імовірнісному масштабі графік накопичення частот відмов  $Q$  (рис. 7). Користуючись цим графіком величину  $T$  можна приблизно оцінити в 15000 год, а  $\sigma$  – 5000 год. Ці дані досить добре погоджуються із розрахунковими (табл. 3). Похибка не перевищує 8 %. Методика дозволяє скоротити випробування не менше як удвічі.

Таблиця 3

Середня тривалість горіння та середньоквадратичне відхилення, розраховані за результатами відмов 3-х, 5-ти та 10-ти ламп

Кількість відмов	Середня тривалість горіння ( $T$ ), год	Середньоквадратичне відхилення тривалості горіння ( $\sigma$ )
3	15454	5512
5	14746	5038
10	14999	5308

Для прискореної оцінки прогнозу кількості запалювань, яку мають витримати КЛЛ, було використано методику випробувань ламп у режимі частих вмикань. Вимоги до кількості вмикань КЛЛ встановлені в Директиві ЄС № 244/2009. Для КЛЛ з приєднаними електронними пристроями живлення без попереднього підігрівання катодів середня кількість вмикань має чисельно дорівнювати половині задекларованої тривалості горіння строку служби в годинах; для ламп з попереднім підігріванням катодів – не менше 30 тис. вмикань. Було випробувано 10 партій КЛЛ. Лампи з попереднім підігріванням катодів протягом часу понад 0,5 с (наприклад, «Люммакс») показали більш високу надійність порівняно із лампами, які мають «холодне» запалювання. Середня кількість запалювань КЛЛ торговельної марки «Люммакс» – близько 32 тис. запалювань. Більшість партій ламп із «холодним» запалюванням, вийшли з ладу відпрацювавши до 10 тис. циклів.

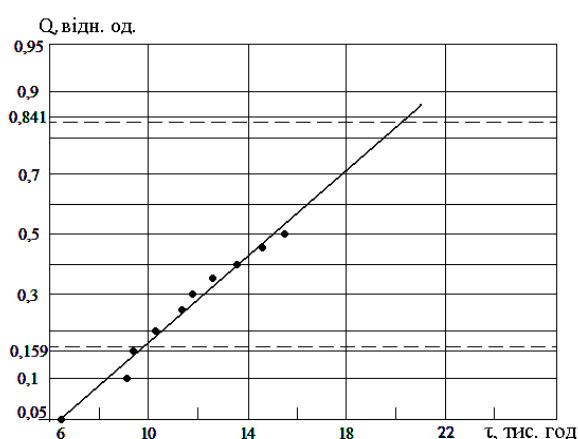


Рис. 7. Графік накопичення частоти відмов у процесі випробувань КЛЛ на тривалість горіння при 8-ми вмиканнях на добу

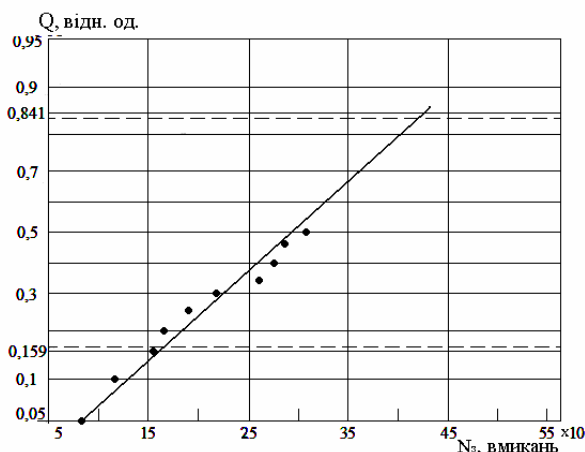


Рис. 8. Графік накопичення частоти відмов при випробуваннях КЛЛ на кількість витриманих вмикань

На основі експериментальних результатів дослідження відмов у процесі випробувань у режимі частих вмикань побудовано (в імовірнісному масштабі)

залежності ймовірності відмов від кількості циклів вмикань  $N$  (рис. 8). Залежність близька до лінійної і може бути використана для оцінки кількості середнього напрацювання уже за відмовами перших 4-6 ламп. Похибка не перевищує 15 %.

У роботі також досліджено спад світлового потоку КЛЛ і СВД-ламп

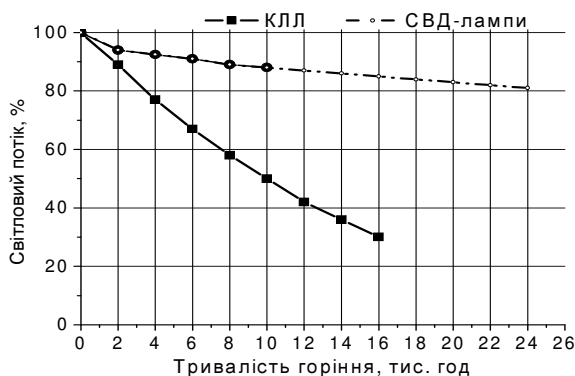


Рис. 9. Залежність світлового потоку від тривалості горіння: КЛЛ торговельної марки «Люмакс», СВД лампи торговельної марки «Maxus»

упродовж їх строку служби. Результати дослідження спаду світлового потоку в процесі горіння партії КЛЛ потужністю 16 Вт в кількості 20 шт. наведені на рис. 9. Перевірка математичної моделі спаду світлового потоку, описаної у розд. 2, показала, що за результатами випробування ламп до 25–30 % номінальної тривалості горіння можна із задовільною для практики точністю прогнозувати цей показник для КЛЛ. Похибка прогнозу не перевищує 4 %.

Використовуючи згадану методика проведена екстраполяція спаду світлового потоку партії СВД-ламп потужністю 10 Вт (за результатами випробувань до 6 тис. год) і розрахована середня тривалість горіння ламп до спаду світлового потоку на 30 % початкового його значення. Як видно із рис. 9 за стабільністю світлового потоку СВД-лампи мають суттєву перевагу перед КЛЛ. Спад світлового потоку до 30 % початкового значення для досліджуваної партії СВД-ламп матиме місце при тривалості горіння 53 тис. год. Але декларувати середню тривалість горіння за результатами дослідження спаду світлового потоку, згідно з рекомендаціями МЕК, потрібно не більше, ніж чотирикратний термін випробувань (при умові, що спад світлового потоку до цього періоду не перевищить номінальне значення 30 %). Тобто, за результатами випробувань ламп до 6 тис. год, рекомендовано декларувати тривалість горіння не більше 24 тис. год, при цьому за прогнозом спаду світлового потоку до цього періоду не повинен перевищувати 30 %.

Крім дослідження спаду світлового потоку в процесі строку служби, також досліджували і зміну колірної температури цих ламп. Встановлено, що для КЛЛ  $T_{\text{кол}}$  в процесі строку служби має незначне зниження – на 30–120 К за 1000 год, а для СВД-ламп – зростає на 10–150 К за 1000 год.

У четвертому розділі викладені результати розроблення заходів щодо якості та безпечності енергоекономічних ламп, зокрема, розроблені проекти національних стандартів, пропозиції щодо запобігання ртутному забрудненню відходами КЛЛ, а також проведена оцінка вартості світлової енергії, яка генерується КЛЛ і СВД-лампами.

Міжнародні стандарти є організаційно-технічною основою вдосконалення виробництва в окремих країнах, основою міжнародного економічного та науково-технічного співробітництва, запорукою виконання вимог сумісності та



взаємозамінності продукції, її безпечності та екологічності. На цьому етапі пріоритетом державної політики України у сфері стандартизації світлотехнічної продукції є розроблення стандартів на основі міжнародних і європейських. В рамках даної роботи були розроблені 10 проектів національних стандартів.

Також у роботі висвітлено проблеми ртутного забруднення навколишнього середовища відходами КЛЛ. З метою обмеження утворення відходів ртутних розрядних ламп і поетапної заборони виробництва та використання екологічно небезпечної світлотехнічної продукції в Україні необхідно розробити та запровадити технічні регламенти на основі Директиви Європарламенту 2006/32/ЄС «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні полуги» та Регламенту Комісії ЄС № 244/2009 «Вимоги до екологічної конструкції побутових ламп з ненаправленим світловипроміненням». Для розв'язання проблеми утилізації ртутних ламп в Україні потрібно розробити технічний регламент на основі Директиви WEEE 2002/96/ЄС «Відходи виробництва електричного та електронного обладнання» та створити мережу приймальних пунктів та спеціалізованих підприємств зі збирання та транспортування відпрацьованих ламп і підприємств із їх переробки.

Економічну ефективність КЛЛ і СВД-ламп порівняно з використанням ЛР проводили шляхом оцінювання вартості світлової енергії, яка генерується цими лампами. Розрахунки наведені в табл. 4:

Таблиця 4

Середня вартість світлової енергії, яка генерується різними джерелами світла

Тип джерела світла	Середня світлова віддача, лм/Вт	Середня тривалість роботи, год	Ціна лампи, грн. (станом на березень 2013 р.)	Тариф на електроенергію, грн/Вт год (станом на березень 2013 р.)	Ціна світлової енергії, грн./Млм·год
КЛЛ	50	10000	38	0,0002808	9,5
ЛР	11	1000	2,5	0,0002808	27,8
СВД-лампи	60	25000	120	0,0002808	11,35

Період окупності СВД ламп і КЛЛ при параметрах, указаних в табл. 4, становить не більше 1 року для КЛЛ та 2,6 року для СВД-ламп, за умови, що лампи будуть використовувати не менше 2000 год на рік. У ході розрахунків використано експериментальні дані випробувань КЛЛ торговельної марки «Люмакс» потужністю 20 Вт,  $T_{кол} = 2700$  К), СВД-ламп (торговельної марки «Махис» потужністю 6 Вт,  $T_{кол} = 3000$  К) та ЛР (торговельної марки «Вольта» потужністю 100 Вт). При оцінці вартості світлової енергії враховувався спад світлового потоку ламп у продовж строку служби ламп і вартість утилізації КЛЛ (8 грн за лампу).

## ВИСНОВКИ

1. Користуючись результатами аналізу впливу світла на зорову, емоційну та біологічну функції обґрунтовано доцільність використання

енергоекономічних ламп в житловому секторі з колірною температурою  $T_{кол}$  2700–3500 К, біологічна активність світла, яких близька до біологічної активності світла ЛР.

2. На основі аналізу літературних джерел і власних досліджень використання енергоекономічних ламп у житловому освітленні виявлені основні проблеми, які створюють бар'єри для розширення КЛЛ і СВД-ламп у житлово-комунальній сфері: занижений світловий потік, низька надійність, невідповідність строку служби задекларованим даним, гірша, порівняно, з ЛР кольоропередача, висока ціна.

3. Експериментально встановлені залежності світлової віддачі від потужності КЛЛ, температури навколишнього середовища, просторового розташування каналів, а також залежності світлової віддачі, координат колірності, колірної температури, індексу кольоропередачі від напруги живлення КЛЛ і СВД-ламп різних конструкцій і упродовж часу стабілізації їх теплового режиму і в процесі строку служби.

4. Набула подальшого розвитку математична модель прогнозування середньої тривалості горіння КЛЛ за відмовами перших ламп (25–30 % з партії).

5. Удосконалено методику прогнозування тривалості горіння КЛЛ за кількістю запалювань ламп.

6. Розроблено математичну модель оцінювання втрат світлової віддачі в багатоканальних КЛЛ унаслідок багаторазових відбивань світла від каналів розрядної трубки.

7. Удосконалено математичну модель прогнозування спаду світлового потоку КЛЛ шляхом екстраполяції емпіричної функції, отриманої за результатами вимірювання світлового потоку на початкових етапах горіння (25–30 % номінальної тривалості горіння).

8. Установлено, що вартість світлової енергії (з врахуванням стабільності світлового потоку, сучасних тарифів на електроенергію, цін на лампи та вартості утилізації КЛЛ) КЛЛ нижча, ніж вартість світлової енергії СВД-ламп приблизно на 15 %, але, враховуючи тенденції на зниження цін на СВД-лампи та підвищення їх світлової віддачі, слід очікувати, що через 2–3 роки вартість світлової енергії цих ламп зрівняється.

## **ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті у наукових фахових виданнях**

1. Кожушко Г. М. Анализ барьеров препятствующих замене ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы в жилищном секторе / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, В. М. Немудрый // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія «Технічні науки». – 2006. – № 19 (1). – С. 8–13.

2. Басова Ю. О. Дослідження світлотехнічних параметрів та надійності компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко // Товарознавчий вісник : зб. наук. пр. Луц. нац. техн. ун-ту. – Луцьк : ЛНТУ, 2009. – С. 22–32.

3. Кожушко Г. М. Аналіз переваг та недоліків світлодіодних джерел світла / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія «Технічні науки». – 2008. – № (1) 28. – С. 8–11.
4. Ткаченко В. І. Способи оцінювання енергоекономічності освітлювальних ламп / В. І. Ткаченко, Ю. О. Басова // Світлолюкс. – 2010. – № 6. – С. 51–58.
5. Кожушко Г. М. Розвиток класифікації непродовольчих товарів в умовах членства України в СОТ / Г. М. Кожушко, Л. М. Губа, Ю. О. Басова // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки». – 2010. – № 1 (46). – С. 9–15.
6. Кожушко Г. М. Сучасні напрямки розвитку класифікації непродовольчих товарів в Україні / Г. М. Кожушко, Л. М. Губа, Ю. О. Басова // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2011. – № 4. – С. 3–6.
7. Басова Ю. О. Визначення номенклатури показників якості компактних люмінесцентних ламп експертним методом / Ю. О. Басова, Л. М. Губа // Товарознавчий вісник : зб. наук. пр. – Вип. 5. / редкол. : відп. ред. Байдакова Л. І. – Луцьк : ЛНТУ, 2012. – С. 7–15.
8. Басова Ю. О. Дослідження споживчих властивостей та якості світлодіодних ламп / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко, С. Г. Кислиця // Товарознавство та інновації : зб. наук. пр. Вип. 3 / голов. ред. О. О. Шубін. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2011. – С. 15–21.
9. Дослідження параметрів і характеристик компактних люмінесцентних ламп і світлодіодні лампи для прямої заміни ламп розжарювання / Г. Кожушко, Ю. Басова, В. Сорокін, А. Рибалочка // Світлолюкс. – 2013. – № 1. – С. 30–36.
10. Екологічна та економічна оцінка енергоекономічних ламп побутового призначення / В. Сорокін, А. Рибалочка, Г. Кожушко, Ю. Басова // Світлолюкс. – 2013. – № 3. – С. 16–21.
11. Басова Ю. О. Дослідження світлової віддачі компактних люмінесцентних ламп залежно від їх конструкції / Ю. О. Басова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – № 3/1 (11). – С. 6–9.
12. Кожушко Г. М. Оцінювання середньої тривалості горіння КЛЛ за відмовами на ранніх стадіях випробувань / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, С. Г. Кислиця // Світлотехніка та електроенергетика. – 2013. – № 2. – С. 23–28.
13. Кожушко Г. М. Прогнозирование срока службы светодиодных ламп по спаду светового потока / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. – 2013. – № 3. – С. 37–41.
14. Кожушко Г. М. Аналіз сучасних вимог до джерел світла побутового призначення / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Світлолюкс. – 2013. – № 4–5. – С. 32–37.

#### **Статті у інших виданнях**

15. Басова Ю. О. Проблемы замены ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы в жилищном секторе / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко // Энергетика и энергоэффективность технологии : межвуз. сб. ст. / под ред. М. Н. Нестерова. – Белгород, 2012. – Вып. 1. – Ч. 1. – С. 36–40.

16. Кожушко Г. М. Использование международных стандартов – перспективное направление развития классификации в условиях членства В ВТО / Г. М. Кожушко, Л. Н. Губа, Ю. А. Басова / Качество товаров: теория и практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф., (г. Витебск, 15–16 нояб. 2012 г.). – Витебск : Витебский гос. технологический ун-т, 2012. – С. 123–125.

17. Кожушко Г. М. Проблеми переходу на освітлення житлових приміщень енергоекономічними джерелами світла: вартість, якість, безпека / Кожушко Г. М. // Світлолюкс. – 2008. – № 5. – С. 74–77.

18. Кожушко Г. М. Проблеми переходу на освітлення житлових приміщень енергоекономічними джерелами світла: вартість, якість, безпека (продовж) / Г.М. Кожушко, Ю.О Басова // Світлолюкс. – 2008. – № 6. – С. 76–79.

19. Басова Ю. О. Дослідження споживних властивостей світлодіодних ламп / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко, Б. П. Білобров // Інноваційний потенціал української науки - XXI сторіччя : зб. доп. учасників 6 всеукр. наук.-практ. конф., (1–15 квіт. 2010 р.). – Запоріжжя : Вид-во ПГА, 2010 – С. 128–132.

20. Ткаченко В. І. Міжнародне кодування ламп / В. І. Ткаченко, Ю. О. Басова // Світлолюкс. – № 6. – 2010. – С. 30–37.

21. Ткаченко В. І. Інтерпретація нових освітлювальних виробів / В. І. Ткаченко, Ю. О. Басова // Світлолюкс. – 2011. – № 2. – С. 25–29.

22. Порівняльні дослідження компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок в режимі частих циклів запалювання / Кожушко Г. М., Басова Ю. О., Семенов А. О., Крива Л. М. // Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя : зб. доп. учасників 11 Всеукр. наук.-практ. конф. (26 квіт. – 04 трав. 2011 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : Вид-во ПГА, 2011 – С. 39–46.

23. Кожушко Г. Дослідження надійності компактних люмінесцентних ламп / Г. Кожушко, Ю. Басова, А. Семенов // Збірник наукових праць викладачів, аспірантів, магістрантів і студентів фізико-математичного факультету / за ред. Ю. Д. Москаленка. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2011. – С. 146–148.

24. Кожушко Г. М. Проблеми якості та безпечності енергоекономічних джерел світла / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Світлолюкс. – 2012. – № 1. – С. 44–49.

### **Тези доповідей та матеріали конференції**

25. Кожушко Г. М. Особливості та перспективи розширення використання енергоекономічних джерел світла в житловому секторі / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Світлотехніка й електроніка: історія, проблеми й перспектив : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 20–22 трав. 2008 р., м. Тернопіль (Україна). – Тернопіль : ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2008. – С. 40–42.

26. Дослідження споживних властивостей компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок, присутніх на ринку України / Кожушко Г. М., Басова Ю. О., Проценко В. М., Іванов В. М., Шпак С. В. // Сучасні проблеми світлотехніки : матеріали III Міжнар. наук.-техн. конф. – Х. : СПС-2009. – С. 34–36.

27. Кожушко Г. М. Дослідження ефективності та якості компактних люмінесцентних ламп побутового призначення / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, В. М. Іванов // Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова

професіоналізація, дослідження, інновації : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (15–16 трав. 2009 р., м. Київ) / відп. ред. А. А. Мазаракі. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2009. – С. 213–215.

28. Басова Ю. О. Показники якості компактних люмінесцентних ламп / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко // Проблеми якості вітчизняних товарів : тези Всеукр. наук.-практ. конф. (24–25 листоп. 2009 р., м. Луцьк). – Луцьк : ЛНТУ, 2009. – С. 26–29.

29. Басова Ю. О. Порівняльні дослідження основних характеристик електричних джерел світла / Ю. О. Басова, Л. М. Крива // Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств : тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф. студ., аспірантів та молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 30 берез. 2011 р. – Д. : Вид-во ДУЕП ім. Альфреда Нобеля, 2011. – Т. 1. – С. 36–38.

30. Кожушко Г. М. Роль технічного регулювання в підвищенні якості, безпечності та енергоекономічності світлотехнічної продукції / Г. М. Кожушко, Л. М. Губа, Ю. О. Басова // Товарознавство і торговельне підприємництво: дослідження, інновації, освіта : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (6–7 квітня 2011 р., м. Київ) / відп. ред. А. А. Мазаракі. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2011. – С. 36–39.

31. Басова Ю. О. Проблеми вибору номенклатури показників якості для оцінювання джерел світла освітлення / Ю. О. Басова // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студ. (25 квіт. 2012 р.) : [у 4-х ч.] / редкол. О. І. Черевко [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2012. – Ч. 1. – С. 116.

32. Дослідження відповідності параметрів і характеристик енергозберігаючих ламп прямої заміни задекларованим даним та рекомендаціям міжнародних стандартів / Сорокін В. М., Рибалочка А. В., Кожушко Г. М., Басова Ю. О. // Світлотехніка й електроніка: історія, проблеми й перспективи : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 24–26 трав. 2012 р., м. Тернопіль (Україна) – Тернопіль : ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2012 – С. 70–41.

33. Ідентифікація компактних люмінесцентних ламп різних торгових марок / Ю. О. Басова, О. Т. Жулинська, Г. М. Кожушко // Актуальні питання сучасного товарознавства : матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. / ред. кол. Лойко Д. П. – Донецьк ДонДУЕТ, 2013. – С. 27–30.

34. Результаты сравнения исследований светотехнических параметров ламп накаливания, компактных люминесцентных ламп и светодиодных ламп украинского и зарубежного производства / А. Рыбалочка, В. Сорокин, В. Корнага, М. Миняйло, Г. Кожушко, Ю. Басова // Передовые дисплейные и световые технологии : тезисы докладов XX Междунар. симпозиума, ADLT-2012, 8–12. 10.2012 г., Крым (Украина). – К. [б. и.], 2012. – С. 43.

35. Исследование компактных люминесцентных и светодиодных ламп для прямой замены ламп накаливания / А. Рыбалочка, В. Сорокин, Г. Кожушко, Ю. Басова // Тезисы докладов XX Международного симпозиума «Передовые дисплейные и световые технологии», ADLT-2012, 8-12.10.2012 г., Крым

(Україна). – К. : [б. и.], 2012. – С. 45.

36. Кожушко Г. Проблемы замены ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы в жилищном секторе / Г. Кожушко, Ю. Басова // Новейшие технологии в электроэнергетике : материалы IV междунар. науч.-практ. интернет-конф., 1–25 нояб., 2012 г., Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х. : ХНАНХ. – С. 30–33.

37. Басова Ю. О. Дослідження світлодіодних ламп для прямої заміни ламп розжарювання / Ю. Басова, О. Глега // Товарознавство та ринок споживчих товарів: реалії та перспективи : зб. тез наук. пр. студ., аспір. та молодих вчених / редкол. О. О. Шубін [та ін.]. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2012. – С. 14–16.

38. Кожушко Г. М. Математична модель спаду світлового потоку компактних люмінесцентних ламп / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Якість та безпека товарів і екологія навколишнього середовища : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 17 трав. 2013 р. – Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2013. – С. 36–38.

#### Патенти

39. Пат. 75135 Україна, МПК H05B 41/08 (2006.01). Спосіб неруйнівного контролю одноцокольних люмінесцентних ламп на наявність попереднього підігріву катодів в пусковому режимі / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, С. В. Шпак ; замовник і патентовласник ВНЗ Укоопспілки «Полтав. ун-т економіки і торгівлі». – № 201204805 ; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

### АНОТАЦІЯ

**Басова Ю. О.** Дослідження енергоекономічних джерел світла побутового призначення та розробка рекомендацій щодо підвищення їх ефективності та якості. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.07 – світлотехніка та джерела світла. - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2013.

Дисертація присвячена проблемі заміни ламп розжарювання на енергоекономічні лампи – компактні люмінесцентні та світлодіодні – в житловому секторі, оцінці їх ефективності, довговічності та надійності залежно від умов функціонування.

З метою оцінки відповідності енергоекономічних ламп для прямої заміни ламп розжарювання вимогам нормативних даних і задекларованим параметрам проведені порівняльні дослідження КЛЛ і СВД-ламп різних виробників, які наявні на ринку України, встановлені залежності параметрів цих ламп від конструктивних особливостей і умов функціонування, зроблені рекомендації щодо підвищення технічного рівня та усунення бар'єрів, які стримують більш широке їх упровадження в житлово-комунальному секторі.

Крім стандартних методик, для дослідження електричних, світлових і колірних характеристик запропоновані вдосконалені методики прискореної оцінки тривалості горіння та спаду світлового потоку в процесі строку служби

КЛЛ, які базуються на статистичних методах, а також оцінки ресурсу КЛЛ за результатами їх випробувань у режимі частих запалювань.

Розроблені пропозиції та заходи щодо підвищення технічного рівня КЛЛ та СВД-ламп, зокрема розроблені проекти національних стандартів. Зроблені рекомендації щодо сфер ефективного використання КЛЛ і СВД-ламп у житлово-комунальному секторі.

**Ключові слова:** лампа компактна люмінесцентна, лампа світлодіодна, світлова віддача, енергоекономічність, надійність.

## АННОТАЦІЯ

**Басова Ю. А.** Исследования энергоэкономичных источников света бытового назначения, разработка рекомендаций по повышению их эффективности и качества. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.07 - светотехника и источники света. – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, г. Тернополь, 2013.

Диссертация посвящена проблеме замены ламп накаливания на энергоэкономичные лампы – компактные люминесцентные и светодиодные – в жилом секторе, оценке их эффективности, долговечности и надежности в зависимости от условий функционирования.

На основе анализа результатов исследований влияния света на здоровье и самочувствие людей, а также рекомендаций международных стандартов к энергоэкономичности и надежности источников света в работе сформулированы предложения относительно требований к энергоэкономичным лампам бытового назначения для прямой замены ламп накаливания. С целью оценки соответствия энергоэкономичных ламп для прямой замены ламп накаливания этим требованиям проведены сравнительные исследования КЛЛ и светодиодных ламп разных производителей, которые представлены на рынке Украины. Установлены зависимости параметров ламп от конструктивных особенностей и условий функционирования, сделаны рекомендации по повышению технического уровня и устранению барьеров, которые сдерживают их широкое внедрение в жилищно-коммунальной сфере.

Предложены усовершенствованные методики ускоренной оценки средней продолжительности горения и спада светового потока в процессе срока службы КЛЛ, которые базируются на статистических методах, а также оценки ресурса КЛЛ по результатам их испытаний в режиме частых включений.

Приведены сравнительные результаты оценивания стоимости световой энергии КЛЛ и светодиодных ламп с учетом световой отдачи этих ламп для разных цветностей, мощности ламп, расходов на утилизацию КЛЛ и современных цен на лампы и электроэнергию. Показано, что стоимость световой энергии (учитывая стабильность светового потока, тарифы на электроэнергию, стоимость лампы и утилизации КЛЛ) КЛЛ ниже, чем стоимость световой энергии светодиодных ламп приблизительно на 12–15 %.

Однако, учитывая тенденции на снижение цен на светодиодные лампы и увеличение их световой отдачи, можно утверждать, что через 1,5–2 года стоимость световой энергии этих ламп сравняется.

Разработаны предложения и мероприятия по повышению технического уровня КЛЛ и светодиодных ламп, в частности разработаны проекты национальных стандартов. Сделаны рекомендации относительно сфер эффективного использования КЛЛ и светодиодных ламп в жилищно-коммунальной сфере с учетом их технико-экономических параметров.

**Ключевые слова:** лампа компактная люминесцентная, лампа светодиодная, световая отдача, энергоэкономичность, надежность.

## ANNOTATION

**Basova Y.** Investigation of energy-saving light sources of household purposes and recommendations for their effectiveness and quality improvement. – Manuscript.

Thesis paper for obtaining academic degree of Candidate of Technical Science. The speciality 05.09.07 – Light Engineering and Light Sources. Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2013.

The thesis paper is devoted to the problem of incandescent bulbs replacement in the residential sector with energy efficient bulbs such as compact fluorescent and LED lamps. The following issues such as evaluating of energy efficient bulbs' efficiency, durability and reliability depending on the operating conditions were considered in the thesis paper.

A comparative study of compact fluorescent lamps and LED lamps of various Ukrainian manufacturers was made to evaluate the correspondence of energy-saving lamps to the direct replacement of incandescent lamps according to the regulatory data and declared settings. The relation between lamps' parameters and their design features and operating conditions was set in the thesis. Recommendations for improving technical level of energy efficient lamps and for removing barriers that hinder their more widespread adoption in the residential sector were made.

In addition to standard investigation methods of electrical, lighting and color characteristics, the improved methods of the rapid assessment of the duration of burning and lumen during the service period of the compact fluorescent lamps were proposed. These techniques are based on statistical methods, as well as on the compact fluorescent lamps' resource evaluation according to the results of bulbs' testing using frequent ignition.

Suggestions and measures to improve the technical level of compact fluorescent lamps and LED lamps were developed. Particularly there were designed projects of national standards. Recommendations for the efficient use of compact fluorescent lamps and LED lamps in the residential sector were made.

**Keywords:** compact fluorescent lamp, LED lamp, luminous efficiency, energy efficiency, reliability.